

**STUDI VISUALISASI POLA ALIRAN DUA FASE
AIR-UDARA PADA ALIRAN VERTIKAL KE ATAS
SALURAN PERSEGI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Oleh :

GUNTUR PRAKOSA

NIM. I0412021

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2018**

ABSTRAK

STUDI VISUALISASI POLA ALIRAN DUA FASE AIR-UDARA PADA ALIRAN VERTIKAL KE ATAS SALURAN PERSEGI

GUNTUR PRAKOSA

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Surakarta

E-mail: gunturprakosa@gmail.com

Studi eksperimen aliran dua fase penting dilakukan sebagai pertimbangan dalam penerapan desain sistem perpipaan yang bergantung pada aliran dua fase. Aliran dua fase telah dipelajari secara aktif sampai saat ini, namun dibandingkan dengan saluran konvensional, informasi yang tersedia tentang aliran dua fase pada saluran mini masih sedikit. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola aliran, peta pola aliran, kecepatan gelembung dan fraksi hampa pada aliran dua fase air-udara pada pipa persegi vertikal dengan diameter hidrolis 3 dan 5 mm. Pola aliran *bubble*, *slug*, *churn* dan *annular* terbentuk pada rentang kecepatan superfisial udara 0,33 – 7,31 m/s dan kecepatan superfisial air 0,13 – 1,2 m/s. Peta pola aliran baru telah dihasilkan dan memiliki kemiripan dengan peta pola aliran saluran mini pada penelitian-penelitian sebelumnya. Fraksi hampa penelitian memiliki korelasi yang baik terhadap persamaan prediksi yang diajukan oleh penelitian-penelitian sebelumnya. Nilai kecepatan gelembung dan fraksi hampa mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan kecepatan superfisial udara.

Kata kunci : aliran dua fase, pola aliran, mini, vertikal, persegi, fraksi hampa

ABSTRACT

VISUALIZATION STUDY OF AIR-WATER TWO-PHASE FLOW PATTERN IN UPWARD VERTICAL FLOW OF SQUARE CHANNEL

GUNTUR PRAKOSA

*Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Sebelas Maret University Surakarta
E-mail: gunturprakosa@gmail.com*

Two phase flow experimental study is important to be observed as consideration in application of piping system design which depends on two phase flow. Two-phase flow has been studied actively until now, but compared conventional channels, information available on two-phase flow in mini channels are still a few. This experiment was conducted to investigate the flow pattern, flow pattern map, bubble velocity and void fraction on air-water two-phase flow in vertical square channel with 3 and 5 mm hydraulic diameter. Bubble, slug, churn and annular flow were observed on the range of gas and liquid superficial velocities of 0.33 - 7.31 m/s and 0.13 - 1.2 m/s. New flow pattern maps have been generated and similar to mini channel flow pattern maps of previous studies. The result of void fraction has a good correlation with the prediction equations proposed by previous studies. The value of bubble velocity and void fraction increases with the rise of superficial air velocity.

Keyword : two-phase flow, flow pattern, mini, vertical, square, void fraction

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi “Studi Visualisasi Pola Aliran Dua Fase Air-Udara pada Aliran Vertikal ke Atas Saluran Persegi” ini dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam penyelesaian skripsi ini tidaklah mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini:

1. Ayah dan Ibu atas jasanya tak bisa diungkapkan dengan kata-kata.
2. Bapak Budi Santoso, S.T., M.T., selaku Pembimbing I atas bimbingannya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak D. Danardono, S.T., M.T., Ph.D., selaku Pembimbing II atas bimbingannya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak R. Lulus Lambang, S.T., M.T., Dr. Zainal Arifin, S.T., M.T., dan Sukmaji Indro Cahyono, S.T., M.Eng, selaku dosen penguji Tugas Akhir penulis yang telah memberi saran yang membangun.
5. Bapak Dr. Triyono, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Sebelas Maret Surakarta ini.
6. Bapak Nurul Muhyat S.T., M.T., selaku koordinator Tugas Akhir.
7. Seluruh Dosen serta Staf di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah turut mendidik dan membantu penulis hingga menyelesaikan studi S1.
8. Mahfudz, Zulfi, Ridwan, Tommy dan Ifa atas kerjasama dan motivasi dalam kelompok penelitian Aliran Dua Fase.
9. Teman-teman CAMRO beserta kakak dan adik tingkat di Teknik Mesin UNS.

10. Skuad Mipitan (Angga, Andreas, Bagus, Eska, Hestu, Josua, Katon, Perlita dan Wulan) sebagai teman seperguruan sejak SMA.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam melaksanakan dan menyusun laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak untuk memperbaiki dan menyempurnakan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap, semoga Skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan untuk penulis pada khususnya.

Surakarta, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Penugasan	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Keaslian	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Notasi	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	11
2.2.1 Klasifikasi saluran	11
2.2.2 Pengamatan visual aliran dua fase	11
2.2.3 Pola aliran dua fase	12
2.2.4 Peta pola aliran dua fase	13
2.2.5 Parameter aliran dua fase	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	17
3.2.1 Skema rangkaian alat penelitian	17
3.2.2 Alat dan bahan penelitian	18
3.3 Prosedur Penelitian	21
3.3.1 Parameter penelitian	21
3.3.2 Tahap persiapan	21
3.3.3 Tahap pengambilan data	21
3.3.4 Tahap pengolahan dan analisis data	22
3.4 Diagram Alir Penelitian	23
BAB IV DATA DAN ANALISIS	
4.1 Pola Aliran	26
4.2 Pengamatan Transisi Pola Aliran	28
4.2.1 Transisi <i>slug – bubble</i>	28
4.2.2 Transisi <i>slug – churn</i>	28
4.2.3 Transisi <i>churn – annular</i>	29
4.3 Peta Pola Aliran Hasil Penelitian	30
4.4 Pemetaan Data Penelitian terhadap Penelitian Lain	32
4.4.1 Pemetaan data saluran 3 mm	32
4.4.2 Pemetaan data saluran 5 mm	34

4.5 Parameter Aliran Dua Fase	36
4.5.1 Kecepatan aktual	36
4.5.2 Fraksi hampa	38
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
Daftar Pustaka	43
Lampiran	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta pola aliran Mishima dkk. pada celah 2.4 mm [5]	7
Gambar 2.1 Peta pola aliran Mishima dkk. pada celah 5 mm [5]	7
Gambar 2.2 Peta pola aliran Wolk dkk. [2]	7
Gambar 2.3 Peta pola aliran Barnea dkk. pada pipa vertikal berdiameter 12.3 mm [6]	9
Gambar 2.4 Peta pola aliran Ide dkk. [7]	9
Gambar 2.5 Klasifikasi pola aliran vertikal cocurrent Hewit dan Hall- Taylor [5]	13
Gambar 3.1 Skema rangkaian alat penelitian	17
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	23
Gambar 4.1 Aplikasi Phantom 630	25
Gambar 4.2 Pola aliran pada saluran 3 mm	27
Gambar 4.3 Pola aliran pada saluran 5 mm	27
Gambar 4.4 Transisi pola aliran <i>slug – bubble</i> pada J_G 0.37 m/s pada saluran 3 mm	28
Gambar 4.5 Transisi pola aliran <i>slug – churn</i> pada J_L 0.13 m/s pada saluran 5 mm	29
Gambar 4.6 Transisi pola aliran <i>churn - annular</i> pada J_L 0.2 m/s pada saluran 5 mm	30
Gambar 4.7 Peta pola aliran hasil penelitian pada saluran 3 mm.....	31
Gambar 4.8 Peta pola aliran hasil penelitian pada saluran 5 mm.....	32
Gambar 4.9 Pengaruh diameter saluran pada peta pola aliran	32
Gambar 4.10 Pemetaan data penelitian saluran 3 mm terhadap peta pola aliran Mishima dkk. [5]	33
Gambar 4.11 Pemetaan data penelitian saluran 3 mm terhadap peta pola aliran Barnea dkk. [6]	34
Gambar 4.12 Pemetaan data saluran 5 mm terhadap peta pola aliran Wolk dkk. [2]	35
Gambar 4.13 Pemetaan data saluran 5 mm terhadap peta pola aliran Barnea dkk. [6]	36
Gambar 4.14 Perbandingan kecepatan aktual udara saluran 3 mm dengan persamaan Ide dan Fukano [7]	37
Gambar 4.15 Perbandingan kecepatan aktual udara saluran 5 mm dengan persamaan Ide dan Fukano [7]	37
Gambar 4.16 Fraksi hampa saluran 3 mm terhadap prediksi Armand	39
Gambar 4.17 Fraksi hampa saluran 5 mm terhadap prediksi Armand	39
Gambar 4.18 Fraksi hampa saluran 3 mm terhadap korelasi Homogen	40
Gambar 4.19 Fraksi hampa saluran 5 mm terhadap korelasi Homgoen	40
Gambar 4.20 Fraksi hampa saluran 3 mm terhadap prediksi Chisholm [15]	41
Gambar 4.21 Fraksi hampa saluran 5 mm terhadap prediksi Chisholm [15]	41

DAFTAR NOTASI

A	= luas penampang saluran (m^2)
A_G	= luas penampang yang ditempati udara (m^2)
C_0	= distribusi fase
d_h	= diameter hidrolik (m)
g	= percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
G	= fluks massa total (kg/s m^2)
G_G	= fluks massa udara (kg/s m^2)
G_L	= fluks massa air (kg/s m^2)
J	= kecepatan superfisial total (m/s)
J_G	= kecepatan superfisial udara (m/s)
J_L	= kecepatan superfisial air (m/s)
m_G	= laju aliran massa udara (kg/s m^2)
m_L	= laju aliran massa air (kg/s m^2)
S	= <i>slip ratio</i>
U_G	= rata-rata kecepatan aktual udara (m/s)
U_L	= rata-rata kecepatan aktual air (m/s)
v_g	= kecepatan <i>drift flux</i> (m/s)
α	= fraksi hampa
α_h	= fraksi hampa metode homogen
σ_G	= tegangan permukaan udara (N/m)
σ_L	= tegangan permukaan air (N/m)
ρ_G	= densitas udara (kg/m^3)
ρ_L	= densitas air (kg/m^3)
χ	= kualitas massa campuran

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian tentang aliran dua fase	10
Tabel 2.2 Klasifikasi saluran aliran dua fase	11
Tabel 2.3 Persamaan fraksi hampa dari berbagai model	16